
Inertisierungsverfahren zur Minderung des Risikos eines Brandes

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Inertisierungsverfahren zur Minderung des Risikos eines Brandes in einem umschlossenen Schutzbereich, bei dem der Sauerstoffgehalt im Schutzbereich mit einem vorgebbaren Regelbereich durch Einleiten eines Sauerstoff verdrängenden Gases aus einer Primärquelle für eine bestimmte Zeit auf
5 einer unter einer Betriebskonzentration liegenden Regelkonzentration gehalten wird, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Inertisierungsverfahren zur Brandverhütung und -löschung in geschlossenen Räumen sind aus der Feuerlöschtechnik bekannt. Die bei diesem Verfahren resultierende
10 Löschwirkung beruht auf dem Prinzip der Sauerstoffverdrängung. Die normale Umgebungsluft besteht bekanntlich zu 21 Vol.-% aus Sauerstoff, zu 78 Vol.-% aus Stickstoff und zu 1 Vol.-% aus sonstigen Gasen. Zum Löschen wird durch Einleiten von z. B. reinem Stickstoff als Inertgas die Stickstoffkonzentration in dem betreffenden Raum weiter erhöht und damit der Sauerstoffanteil verringert. Es ist bekannt,
15 dass eine Löschwirkung einsetzt, wenn der Sauerstoffanteil unter etwa 15 Vol.-% absinkt. Abhängig von den in dem betreffenden Raum vorhandenen brennbaren Materialien kann ferner ein weiteres Absenken des Sauerstoffanteils auf beispielsweise 12 Vol.-% erforderlich sein. Bei dieser Sauerstoffkonzentration können die meisten brennbaren Materialien nicht mehr brennen.

20

Die bei dieser „Inertgaslöschtechnik“ verwendeten, Sauerstoff verdrängenden Gase werden in der Regel in speziellen Nebenräumen in Stahlflaschen komprimiert gelagert. Ferner ist denkbar, ein Gerät zur Erzeugung eines Sauerstoff verdrängenden Gases einzusetzen. Diese Stahlflaschen bzw. dieses Gerät zur Erzeugung des Sauer-

stoff verdrängenden Gases begründen die sogenannte Primärquelle der Inertgasfeuerlöschanlage. Im Bedarfsfall wird dann das Gas von dieser Primärquelle über Rohrleitungssysteme und entsprechende Austrittsdüsen in den betreffenden Raum geleitet.

5

Die zugehörige Inertgasfeuerlöschanlage verfügt dabei in der Regel zumindest über eine Anlage zum plötzlichen Einleiten des Sauerstoff verdrängenden Gases von der Primärquelle in den zu überwachenden Raum und eine Branderkennungsvorrichtung zum Detektieren einer Brandkenngroße in der Raumluft.

10

Zum Auslegen der gesamten Brandvermeidungs- bzw. Inertgasfeuerlöschanlage auf einem möglichst hohen Sicherheitsniveau gehört eine anlagentechnische und logistische Planung für den Fall des Anlagenstillstands als Folge von Störfällen, um den sicherheitstechnischen Anforderungen gerecht zu werden. Auch wenn während der Projektierung der Brandvermeidungs- bzw. Inertgasfeuerlöschanlage alle Maßnahmen berücksichtigt werden, die es erlauben, eine Wiederinbetriebnahme der Anlage möglichst schnell und übergangslos zu erreichen, bringt das Inertisieren mittels der Inertgastechnik jedoch gewisse Probleme mit sich und weist im Bezug auf die Ausfallsicherheit klare Grenzen auf. So hat sich gezeigt, dass es zwar möglich ist, die Inertgasfeuerlöschanlage derart zu konzipieren, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Störfalls während der Absenkung bzw. Regelung des Sauerstoffgehalts im Schutzbereich auf eine unter einer vorgenannten Betriebskonzentration liegenden Regelkonzentration relativ gering ist, jedoch besteht oftmals ein Problem darin, die Regelkonzentration für eine längere Zeit, während der sogenannten Notbetriebphase, auf dem erforderlichen Wert zu halten, insbesondere deshalb, weil bei den aus dem Stand der Technik bekannten Inertisierungsverfahren keine Möglichkeit besteht, ein frühzeitiges Überschreiten eines Rückzündungsniveaus der Sauerstoffkonzentration im Schutzbereich zu verhindern, wenn aufgrund eines Störfalls die Primärquelle ganz oder zumindest teilweise ausfällt.

30

Die Rückzündungsphase bezeichnet den Zeitabschnitt nach der Brandbekämpfungsphase, in welchem die Sauerstoffkonzentration im Schutzbereich einen bestimmten Wert, den sogenannten Rückzündungsverhinderungswert, nicht überschreiten darf,

um ein erneutes Entzünden der im Schutzbereich vorhandenen Materialien zu vermeiden. Das Rückzündungsverhinderungsniveau ist eine Sauerstoffkonzentration, die von der Brandlast des Schutzbereichs abhängt und anhand von Versuchen ermittelt wird. Gemäß den VdS-Richtlinien muss beim Fluten des Schutzbereichs die Sauerstoffkonzentration im Schutzbereich das Rückzündungsverhinderungsniveau von beispielsweise 13,8 Vol.-% innerhalb der ersten 60 Sekunden ab Flutungsbeginn erreicht werden (Brandbekämpfungsphase). Ferner soll das Rückzündungsverhinderungsniveau innerhalb von 10 Minuten nach Ende der Brandbekämpfungsphase nicht überschritten werden. Dabei ist vorgesehen, dass innerhalb der Brandbekämpfungsphase der Brand im Schutzbereich vollständig gelöscht wird.

Bei den aus dem Stand der Technik bekannten Inertisierungsverfahren wird bei einem Detektionssignal die Sauerstoffkonzentration möglichst schnell auf eine sogenannte Betriebskonzentration heruntergefahren. Das hierzu erforderliche Inertgas stammt dabei aus der Primärquelle der Inertgasfeuerlöschanlage. Unter dem Begriff „Betriebskonzentration“ wird ein Niveau verstanden, das unterhalb einer sogenannten Auslegungskonzentration liegt. Die Auslegungskonzentration ist eine Sauerstoffkonzentration im Schutzbereich, bei welcher die Entzündung eines jeden im Schutzbereich vorhandenen Stoffes wirksam verhindert wird. Bei der Festlegung der Auslegungskonzentration eines Schutzbereichs wird in der Regel von dem Grenzwert, bei der eine Zündung jeglicher Materialien im Schutzbereich unterbunden wird, noch ein zur Sicherheit dienender Abschlag abgezogen. Nach Erreichen der Betriebskonzentration in dem Schutzbereich wird üblicherweise die Sauerstoffkonzentration auf einer unter einer Betriebskonzentration liegenden Regelkonzentration gehalten.

Die Regelkonzentration ist ein Regelbereich der Restsauerstoffkonzentration im inertisierten Schutzbereich, innerhalb welchem die Sauerstoffkonzentration während der Rückzündungsphase gehalten wird. Jener Regelbereich wird durch eine obere Grenze, der Einschaltsschwelle für die Primärquelle der Inertgasfeuerlöschanlage, und einer unteren Grenze, der Ausschaltsschwelle der Primärquelle der Inertgasfeuerlöschanlage, begrenzt. Während der Rückzündungsphase wird die Regelkonzentration durch wiederholtes Einleiten von Inertgas in diesem Regelbereich gehalten. Jenes Inertgas stammt üblicherweise aus dem als Primärquelle dienenden Reservoir der

Inertgasfeuerlöschanlage, d.h., entweder dem Gerät zur Erzeugung von Sauerstoff verdrängendem Gas (z.B. einem Stickstofferzeuger), aus Gasflaschen oder von anderen Puffereinrichtungen. Im Falle einer Fehlfunktion oder Störung nun die Gefahr, dass die Sauerstoffkonzentration in dem Schutzbereich frühzeitig ansteigt und das Rückzündungsverhinderungsniveau überschreitet, wodurch die Rückzündungsphase verkürzt ist und eine erfolgreiche Brandbekämpfung in dem Schutzbereich nicht mehr gewährleistet werden kann.

Ausgehend von den zuvor geschilderten Problemen hinsichtlich der sicherheitstechnischen Anforderungen einer Inertgasfeuerlöschanlage bzw. eines Inertisierungsverfahrens liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, das aus dem Stand der Technik bekannte und vorstehend erläuterte Inertisierungsverfahren derart weiterzuentwickeln, dass selbst beim Auftreten eines die Primärquelle betreffenden Störfalls die Notbetriebsphase hinreichend lang ist, um eine Entzündung oder Wiederentzündung der brennbaren Materialien im Schutzbereich wirksam zu verhindern. Eine weitere Aufgabe liegt darin, eine entsprechende Inertgasfeuerlöschanlage zur Ausführung des Verfahrens anzugeben.

Diese Aufgabe wird bei einem Inertisierungsverfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß als erste Alternative dadurch gelöst, dass die Regelkonzentration bei Ausfall der Primärquelle für eine Notbetriebszeit durch eine Sekundärquelle aufrechterhalten wird.

Diese Aufgabe wird des weiteren dadurch gelöst, dass bei dem eingangs genannten Inertisierungsverfahren die Regelkonzentration und die Betriebskonzentration unter Bildung eines Ausfallsicherheitsabstandes so weit unter die für den Schutzbereich festgelegte Auslegungskonzentration gesenkt werden, dass die Anstiegskurve des Sauerstoffgehalts bei Ausfall der Primärquelle eine für den Schutzbereich ermittelte Grenzkonzentration erst in einer vorgegebenen Zeit erreicht.

Das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende technische Problem wird ferner durch eine Vorrichtung zur Durchführung des vorstehend genannten Verfahrens gelöst, die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Primärquelle und/oder die Sekundär-

quelle eine das Sauerstoff verdrängende Gas erzeugende Maschine, eine Flaschenbatterie, ein Puffervolumen oder eine sauerstoffentziehende oder ähnliche Maschine ist.

5 Die Vorteile der Erfindung liegen insbesondere darin, dass ein einfach zu realisierendes und dabei sehr effektives Inertisierungsverfahren zur Minderung des Risikos eines Brandes in einem umschlossenen Schutzbereich erzielbar ist, wobei selbst in einem Störfall, d.h. zum Beispiel bei Ausfall der Primärquelle, aus welcher das zum Einstellen der Regelkonzentration im Schutzbereich verwendete Inertgas stammt, die
10 Regelkonzentration für eine Notbetriebszeit mittels einer Sekundärquelle aufrechterhalten wird (Alternative 1). Unter dem Begriff „Primärquelle“ ist in diesem Zusammenhang jegliches Inertgasreservoir zu verstehen, wie z.B. ein Stickstofferzeuger, eine Gasflaschenbatterie, in der das Inertgas in komprimierter Form vorliegt, oder ein anderes Puffervolumen. Im analogen Sinne ist unter dem Begriff „Sekundärquelle“
15 ein von der Primärquelle redundantes Reservoir, was wiederum beispielsweise ein Stickstofferzeuger, eine Flaschenbatterie oder jegliches Puffervolumen sein kann, zu verstehen. Ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung liegt nun darin, dass die Sekundärquelle redundant von der Primärquelle ausgelegt ist, um somit beide Systeme voneinander zu entkoppeln und die Störanfälligkeit des Inertisierungsverfahrens zu verringern. Dabei ist vorgesehen, dass die Sekundärquelle derart
20 konzipiert ist, um die Regelkonzentration bei Ausfall der Primärquelle für eine Notbetriebszeit aufrechtzuerhalten, die hinreichend lang ist, um beispielsweise zumindest eine 10-minütige Rückzündungsphase oder eine 8-stündige Notbetriebsphase im Schutzbereich bereitstellen zu können, in welcher der Sauerstoffgehalt im Schutzbereich nicht über das Rückzündungsverhinderungsniveau steigt. Selbstverständlich ist
25 hier auch denkbar, die Sekundärquelle entsprechend einer beliebigen Notbetriebszeit auszulegen.

In der zweiten Alternative handelt es sich bei der Grenzkonzentration beispielsweise
30 um das Rückzündungsverhinderungsniveau des Schutzraumes. Hier handelt es sich um eine Sauerstoffkonzentration, bei welcher sichergestellt ist, dass sich Brandstoffe des Schutzbereichs nicht mehr entzünden lassen. Dabei ist vorgesehen, die Betriebskonzentration von vornherein so weit herunterzusetzen, dass die Anstiegskurve

der Sauerstoffkonzentration den Grenzwert erst nach einer bestimmten Zeit erreicht. Diese vorgegebene Zeit beträgt beispielsweise 10, 30 oder 60 Minuten für eine Feuerlöschanlage und 8, 24 oder 36 Stunden für eine Brandvermeidungsanlage bis Service-Personal mit Ersatzteilen eintrifft, und ermöglicht somit eine Realisierung einer Rückzündungsphase bzw. Notbetriebsphase, in welcher der Sauerstoffgehalt nicht über ein Rückzündungsverhinderungsniveau steigt und somit wirksam ein Entzünden bzw. Wiederentzünden von Brandstoffen im Schutzbereich verhindert. Durch dieses sogenannte „Tieferfahren“ der Betriebskonzentration, d.h. durch das Festlegen der Betriebskonzentration unter Bildung eines Ausfallsicherheitsabstandes unterhalb der Auslegungskonzentration des Schutzraumes, wird eine Alternative zu den zuvor beschriebenen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens angegeben, bei der ebenfalls sichergestellt ist, dass bei Ausfall der Primärquelle für eine Notbetriebszeit die Sauerstoffkonzentration unter einem festgelegten Wert, in vorteilhafter Weise unter dem Rückzündungsverhinderungsniveau, gehalten wird. Selbstverständlich ist hier aber auch denkbar, beide Alternativen miteinander zu kombinieren. Um die Notbetriebszeit zu verlängern, ist es ferner möglich, dass zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, wie zum Beispiel die Vornahme von Betriebseinschränkungen, etwa die zeitweilige Herabsetzung der Begehung.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird eine Möglichkeit zur Durchführung des vorstehend beschriebenen Verfahrens angegeben. Hierbei ist vorgesehen, dass die Primärquelle und/oder die Sekundärquelle ein jegliches Reservoir, wie etwa eine Maschine, die ein Sauerstoff verdrängendes Gas erzeugt, eine Flaschenbatterie, in der das Inertgas in komprimierter Form vorliegt, ein anderes Puffervolumen, oder aber auch eine sauerstoffentziehende oder ähnliche Maschine ist. Anstatt ein Sauerstoff verdrängendes Gas zu erzeugen, ist es auch denkbar, der Raumluft Sauerstoff zu entziehen, beispielsweise mit Hilfe von Brennstoffzellen. Als Sekundärquellen kommen sowohl stationäre als auch mobile Einrichtungen in Frage, wie zum Beispiel Löschmitteltanks mit Verdampfer auf einem LKW. Die Umschaltung zwischen der Primär- und der Sekundärquelle erfolgt entweder manuell oder automatisch.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind bezüglich des Verfahrens in den Unteransprüchen 2 und 4 bis 9 angegeben.

So ist für das Verfahren bevorzugt vorgesehen, dass die Betriebskonzentration gleich oder in etwa gleich einer für den Schutzbereich festgelegten Auslegungskonzentration ist. Durch diese Weiterbildung des Verfahrens ist es möglich, den Verbrauch von Inertgas bzw. Löschmittel für den Schutzbereich optimal zu reduzieren, indem die Betriebskonzentration auf eine Sauerstoffkonzentration im Schutzbereich festgelegt wird, bei welcher sich die Stoffe des Schutzbereichs gerade nicht mehr entzünden lassen. Zur Festlegung der Auslegungskonzentration wird in bevorzugter Weise von der Konzentration, bei welcher sich die Stoffe des Schutzbereichs gerade nicht mehr entzünden lassen, noch ein Abschlag abgezogen.

Besonders bevorzugt wird der Ausfallsicherheitsabstand unter Berücksichtigung einer für den Schutzbereich geltenden Luftwechselrate, insbesondere eines n_{50} - Wertes des Schutzbereiches, und /oder der Druckdifferenz zwischen Schutzbereich und Umgebung, ermittelt. Um eine möglichst genaue Anpassung des erfindungsgemäßen Verfahrens an den betreffenden Schutzbereich zu ermöglichen, ist dabei vorgesehen, dass der Ausfallsicherheitsabstand umso größer wird, je größer der n_{50} -Wert des Zielbereiches ist.

Um eine weitere Erhöhung der Ausfallsicherheit der Anlage zu erreichen, ist in besonders bevorzugter Weise vorgesehen, dass die Auslegungskonzentration um einen Sicherheitsabschlag unter die für den Schutzbereich ermittelte Grenzkonzentration gesenkt wird. Damit kann zum Beispiel während der Zeit bis zur Bereitstellung der Sekundärquelle sichergestellt werden, dass der Sauerstoffgehalt unter dem Rückzündungsverhinderungsniveau bzw. der Grenzkonzentration bleibt. So ist es denkbar, dass der Sicherheitsabschlag unter Berücksichtigung der Grenzkonzentration und/oder der Luftwechselrate n_{50} ermittelt wird; d.h. es gilt $S = \alpha([O_{2,Luft}] - GK)$, wobei S der Sicherheitsabschlag, $[O_{2,Luft}]$ die Sauerstoffkonzentration in der Luft des Schutzbereiches, GK das Rückzündungsverhinderungsniveau und α ein vorgegebener Faktor sind. Beispielsweise ergibt sich für $\alpha = 20\%$, $[O_{2,Luft}] = 20,9 \text{ Vol.-%}$, $GK = 16 \text{ Vol.-%}$ ein Sicherheitsabschlag von $S = 1 \text{ Vol.-%}$ und für $\alpha = 20\%$, $[O_{2,Luft}] = 20,9 \text{ Vol.-%}$, $GK = 13 \text{ Vol.-%}$ ein Sicherheitsabschlag von $S = 1,6 \text{ Vol.-%}$.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist ferner ein Detektor zum Erkennen einer Brandkenngroße vorgesehen, wobei der Sauerstoffgehalt im Schutzbereich beim Detektieren eines Entstehungsbrandes oder eines Brandes rasch auf die Regelkonzentration abgesenkt wird, wenn der Sauerstoffgehalt vorher auf einem höheren Niveau lag. Durch diese Weiterbildung des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens ist es nun möglich, das Verfahren beispielsweise auch in einem mehrstufigen Inertisierungsverfahren zu implementieren. So ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Schutzbereich anfänglich, um beispielsweise eine Begehung durch Personen zuzulassen, auf einem entsprechend höheren Niveau liegt. Dieses höhere Niveau kann entweder die Konzentration der Raumlufte (21 Vol.-%) oder ein erstes bzw. Grundinertisierungsniveau von beispielsweise 17 Vol.-% sein. So ist denkbar, dass zunächst der Sauerstoffgehalt in dem Schutzbereich auf ein bestimmtes Grundinertisierungsniveau von beispielsweise 17 Vol.-% abgesenkt und im Fall eines Brandes der Sauerstoffgehalt auf ein bestimmtes Vollinertisierungsniveau weiter auf die Regelkonzentration abgesenkt wird. Ein Grundinertisierungsniveau von 17 Vol.-% Sauerstoffkonzentration bedeutet keinerlei Gefährdung von Personen oder Tieren, so dass diese den Raum immer noch problemlos betreten können. Das Einstellen des Vollinertisierungsniveaus bzw. der Regelkonzentration kann entweder nach der Detektion eines Entstehungsbrandes eingestellt werden, denkbar wäre hier jedoch auch, dass dieses Niveau beispielsweise nachts eingestellt wird, wenn keine Personen den betreffenden Raum betreten. Bei der Regelkonzentration ist die Entflammbarkeit sämtlicher Materialien im Schutzraum so weit herabgesetzt, dass sie sich nicht mehr entzünden können. Durch das Bereitstellen einer redundanten Sekundärquelle oder alternativ hierzu durch das Tieferfahren der Sauerstoffkonzentration wird in vorteilhafter Weise erreicht, dass die Ausfallsicherheit des Inertisierungsverfahrens deutlich erhöht wird, da somit sichergestellt ist, dass selbst bei Ausfall der Primärquelle ein hinreichender Brandschutz vorliegt.

Vorzugsweise beträgt der Regelbereich etwa $\pm 0,2$ Vol.-% und vorzugsweise maximal $\pm 0,2$ Vol.-% Sauerstoffgehalt um die Regelkonzentration im Schutzraum. Hierbei handelt es sich um einen Bereich, der durch einen oberen und einen unteren Schwellwert definiert wird, die etwa 0,4 Vol.-% und vorzugsweise maximal 0,4 Vol.-% auseinanderliegen. Die beiden Schwellwerte bezeichnen die Restsauerstoffkon-

zentrationen, bei denen die Sekundärquelle ein- oder ausgeschaltet wird, um den Sollwert zu halten oder zu erreichen, wenn die Primärquelle ausfällt. Selbstverständlich sind hier aber auch andere Größenordnungen für den Regelbereich denkbar.

- 5 Um eine möglichst gute Anpassung des Inertisierungsverfahrens an den betreffenden Schutzraum zu erreichen, ist in einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens vorgesehen, dass die Regelung des Sauerstoffgehalts im Schutzbereich unter Berücksichtigung der Luftwechselrate, insbesondere des n_{50} – Wertes des Schutzbereiches, und /oder der Druckdifferenz zwischen
- 10 Schutzbereich und Umgebung erfolgt. Hierbei handelt es sich um einen Wert, der das Verhältnis des erzeugten Leakagevolumenstromes in Relation zum vorhandenen Raumvolumen bei einer erzeugten Druckdifferenz zur Umgebung von 50 Pa bezeichnet. Der n_{50} -Wert ist somit ein Maß für die Dichtigkeit des Schutzbereichs und somit eine entscheidende Größe zur Dimensionierung der Inertgasfeuerlöschanlage bzw.
- 15 zur Auslegung des Inertisierungsverfahrens hinsichtlich der Ausfallsicherheit der Primärquelle. In bevorzugter Weise wird der n_{50} -Wert mittels einer sogenannten BlowerDoor-Messung bestimmt, um die Dichtigkeit der den Schutzbereich begrenzenden Umfassungsbauteile beurteilen zu können. Dabei wird in den Schutzbereich ein genormter Über- bzw. Unterdruck von 10 bis 60 Pa erzeugt. Die Luft entweicht
- 20 über die Leakageflächen der Umfassungsbauteile nach außen oder dringt dort ein. Ein entsprechendes Messgerät misst den erforderlichen Volumenstrom zur Aufrechterhaltung der zur Messung geforderten Druckdifferenz von z.B. 50 Pa. Anschließend errechnet ein Messprogramm den n_{50} -Wert, der sich standardisiert auf die erzeugte Druckdifferenz von 50 Pa bezieht. Die BlowerDoor-Messung ist vor der konkreten
- 25 Auslegung des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens, insbesondere vor der Auslegung der erfindungsgemäß vorgesehenen, von der Primärquelle redundanten Sekundärquelle bzw. vor der Auslegung des Ausfallsicherheitsabstandes bei dem alternativen Inertisierungsverfahren durchzuführen.
- 30 In einer besonders bevorzugten Weiterentwicklung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass die Berechnung der Löschmittelmenge für das Halten der Regelkonzentration im Schutzbereich unter Berücksichtigung der Luftwechselrate n_{50} erfolgt. Demgemäss ist es möglich, die Größe bzw. die Kapazität der Primärquelle

und/oder der Sekundärquelle in Abhängigkeit des n_{50} -Wertes und somit genau an den Schutzbereich angepasst auszulegen.

Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

- 10 Fig. 1 einen Ausschnitt eines zeitlichen Verlaufs der Sauerstoffkonzentration in einem Schutzbereich, wobei die Betriebskonzentration und die Regelkonzentration des Sauerstoffgehalts gemäß der ersten Alternative des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens mittels einer Sekundärquelle aufrechterhalten werden;
- 15 Fig. 2 einen Ausschnitt eines zeitlichen Verlaufs der Sauerstoffkonzentration in einem Schutzbereich, wobei die Betriebskonzentration und die Regelkonzentration des Sauerstoffgehalts gemäß der zweiten Alternative des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens unter die Auslegungskonzentration des Schutzbereichs gesenkt werden; und
- 20
- Fig. 3 einen Verlauf des Sauerstoffgehalts in einem Schutzbereich, wobei die zweite Alternative des erfindungsgemäßen Verfahrens in dem zugrundeliegenden Inertisierungsverfahren implementiert ist.
- 25

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt eines zeitlichen Verlaufs der Sauerstoffkonzentration in einem Schutzbereich, wobei die Betriebskonzentration BK und die Regelkonzentration RK des Sauerstoffgehalts gemäß der ersten Alternative des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens mittels einer Sekundärquelle aufrechterhalten werden. In der dargestellten Auftragung stellen die Ordinatenachse den Sauerstoffgehalt im Schutzbereich und die Abzissenachse die Zeit dar. Im vorliegenden Fall ist bereits der Sauerstoffgehalt im Schutzbereich auf ein sogenanntes Vollinertisierungsniveau

30

herabgesenkt, d.h. auf eine unter einer Betriebskonzentration BK liegenden Regelkonzentration RK. In dem in Fig. 1 schematisch dargestellten Szenario entspricht die Betriebskonzentration BK genau der Auslegungskonzentration AK.

5 Die Auslegungskonzentration AK ist ein Sauerstoffkonzentrationswert im Schutzbereich, der grundsätzlich unterhalb einer für den Schutzbereich spezifischen Grenzkonzentration GK liegt. Die Grenzkonzentration GK, die häufig auch „Rückzündungsverhinderungsniveau“ genannt wird, bezieht sich auf den Sauerstoffgehalt in der Atmosphäre des Schutzbereichs, bei dem ein definierter Stoff mit einer definierten
10 Zündquelle gerade nicht mehr entzündet werden kann. Der jeweilige Wert der Grenzkonzentration GK muss experimentell ermittelt werden und stellt die Basis für die Festlegung der Auslegungskonzentration AK fest. Hierzu wird von der Grenzkonzentration GK ein Sicherheitsabschlag abgezogen.

15 Die Betriebskonzentration BK darf grundsätzlich nicht größer als die Auslegungskonzentration AK sein. Die Betriebskonzentration BK ergibt sich unter Berücksichtigung des Sicherheitskonzepts für die Inertgasfeuerlöschanlage bzw. das eingesetzte Inertisierungsverfahrens. Um die Betriebskosten der Inertgasfeuerlöschanlage möglichst gering zu halten, wird in bevorzugter Weise der Abstand zwischen der Betriebskonzentration BK und der Auslegungskonzentration AK möglichst klein gewählt, da über
20 das notwendige Schutzniveau hinausgehende Absenkungen der Sauerstoffkonzentration einen erhöhten Einsatz von Löschmitteln bzw. Inertgas nach sich ziehen.

Bei dem in der Fig. 1 dargestellten zeitlichen Verlauf der Sauerstoffkonzentration ist
25 ferner eine Regelkonzentration RK angegeben, die mittig in einem Regelbereich liegt, wobei die obere Grenze des Regelbereichs identisch mit der Betriebskonzentration BK ist. Die Regelkonzentration RK repräsentiert einen Konzentrationswert, um welchen die Sauerstoffkonzentration im Schutzbereich schwankt. Dabei ist vorgesehen, dass die Schwankungen in dem Regelbereich stattfinden. Erreicht nun der
30 Sauerstoffgehalt im Regelbereich die obere Grenze (hier die Betriebskonzentration BK) so wird der Sauerstoffgehalt im Schutzbereich durch Einleiten von Inertgas erneut abgesenkt, bis die untere Grenze des Regelbereichs erreicht wird, woraufhin eine weitere Einleitung von Inertgas in den Schutzbereich angehalten wird. Somit

entspricht die obere Grenze des Regelbereichs einem oberen Schwellenwert für das Einleiten des Inertgases und die untere Grenze des Regelbereichs einem unteren Schwellenwert, bei dem eine weitere Zufuhr des Inertgases in den Schutzbereich unterlassen wird. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass der obere Schwellenwert ein Aktivieren einer Primär- bzw. Sekundärquelle und der untere Schwellenwert ein Deaktivieren der Primär- bzw. Sekundärquelle entspricht.

Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, dass selbst bei Ausfall der Primärquelle die Sauerstoffkonzentration in dem Regelbereich um die Regelkonzentration RK herum für eine hinreichend lange Zeit aufrechterhalten werden kann. Dabei ist vorgesehen, dass die Sekundärquelle redundant von der Primärquelle ausgeführt ist. Die Zeit, in welcher durch Einleiten des Inertgases aus einer Primärquelle und die Notbetriebszeit, bei welcher bei Ausfall der Primärquelle die Regelkonzentration RK durch die Sekundärquelle aufrechterhalten wird, ist vorteilhafter Weise so lang, dass eine Notbetriebsphase bereitgestellt wird, in welcher der Sauerstoffgehalt im Schutzbereich die Auslegungskonzentration AK nicht überschreitet und somit ein Entzünden von Materialien im Schutzbereich weiterhin unterbunden wird.

Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt eines zeitlichen Verlaufs der Sauerstoffkonzentration in einem Schutzbereich, wobei die Betriebskonzentration BK und die Regelkonzentration RK des Sauerstoffgehalts gemäß der zweiten Alternative des erfindungsgemäßen Inertisierungsverfahrens unter die Auslegungskonzentration AK des Schutzbereichs gesenkt werden. Der Unterschied zur Fig. 1 liegt nun darin, dass in diesem Fall die Auslegungskonzentration AK nicht mehr mit der Betriebskonzentration BK übereinstimmt. Stattdessen ist die Betriebskonzentration BK und somit auch die Regelkonzentration RK mit dem zugehörigen Regelbereich nach unten verschoben, wobei die Beabstandung zwischen der Auslegungskonzentration AK und der Betriebskonzentration BK einem Ausfallssicherheitsabstand ASA entspricht. Bei dem in der Fig. 2 dargestellten Szenario wird die Sauerstoffkonzentration im Schutzbereich durch abwechselndes Ein- bzw. Ausschalten der Primärquelle in dem Regelbereich um die Regelkonzentration RK herum gehalten. Dabei ist vorgesehen, dass der Ausfallssicherheitsabstand ASA derart gewählt ist, dass bei Ausfall der Primärquelle die Anstiegskurve des Sauerstoffgehalts im Schutzbereich die Grenzkonzentration BK bzw.

das Rückzündungsverhinderungsniveau erst in einer vorgegebenen Zeit erreicht. Je-
ne Zeit ist in bevorzugter Weise derart gewählt, dass eine Notbetriebsphase sicher-
gestellt werden kann, die lang genug ist, um vor der Wiederinbetriebsetzung der
Brandvermeidungs- bzw. Feuerlöschanlage ein Entzünden bzw. Wiederentzünden von
5 Materialien im Schutzbereich weiterhin zu verhindern.

Fig. 3 zeigt einen Verlauf des Sauerstoffgehalts in einem Schutzbereich, wobei hier
die zweite Alternative des erfindungsgemäßen Verfahrens in dem Inertisierungsver-
fahren implementiert ist. Wie bereits bei den Figuren 1 und 2 stellt hier die Ordina-
10 tenachse den Sauerstoffgehalt im Schutzbereich und die Abzissenachse die Zeit dar.
Ausweislich der Fig. 3 ist anfänglich im Schutzbereich eine Sauerstoffkonzentration
von 21 Vol.-% vorhanden.

Nachdem eine prophylaktische Erstabsenkung einer Brandvermeidungsanlage zum
15 Zeitpunkt t_0 beginnt, wird der Sauerstoffgehalt im Schutzbereich rasch auf die Re-
gelkonzentration RK abgesenkt. Wie dargestellt, erreicht die Sauerstoffkonzentration
im Schutzbereich das Rückzündungsverhinderungsniveau bzw. die Grenzkonzentration
GK zum Zeitpunkt t_1 und die Regelkonzentration RK zum Zeitpunkt t_2 . Die Zeit-
spanne von t_0 bis t_2 wird als Erstabsenkung bezeichnet.

20 Um nach der Erstabsenkung zu verhindern, dass sich die im Schutzbereich befindli-
chen Materialien entzünden können, ist ferner eine sich direkt an die Erstabsenkung
anschließende Brandschutzphase zur wirksamen Brandverhinderung vorgesehen. In
jener Phase wird die Sauerstoffkonzentration im Schutzbereich unterhalb des Rück-
zündungsverhinderungsniveaus bzw. der Grenzkonzentration GK gehalten. Üblicher-
25 weise erfolgt dies, indem bei Bedarf aus der Primärquelle Inertgas bzw. Sauerstoff
verdrängendes Gas in den Schutzbereich eingebracht wird, um die Sauerstoffkon-
zentration in dem Regelbereich um die Regelkonzentration RK bzw. unterhalb der
Betriebskonzentration BK zu halten.

30 Bei Ausfall der Primärquelle ist nun erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Ausfalls-
sicherheitsabstand ASA zwischen der Grenzkonzentration GK und der Betriebskon-
zentration BK so groß ist, dass die Anstiegskurve des Sauerstoffgehalts die Grenz-

konzentration GK erst in einer vorgegebenen Zeit z erreicht, wodurch eine hinreichende Notbetriebsphase erzielt wird.

5 Zur Erläuterung sei darauf hingewiesen, dass in Fig. 3 der Ausschnitt eingetragen ist, der in vergrößertem Ausmaß in der Fig. 2 dargestellt wird.

Inertisierungsverfahren zur Minderung des Risikos eines Brandes

Patentansprüche

1. Inertisierungsverfahren zur Minderung des Risikos eines Brandes in einem umschlossenen Schutzbereich, bei dem der Sauerstoffgehalt im Schutzbereich mit einem vorgebbaren Regelbereich durch Einleiten eines Sauerstoff verdrängenden Gases aus einer Primärquelle für eine bestimmte Zeit auf einer
5 unter einer Betriebskonzentration (BK) liegenden Regelkonzentration (RK) gehalten wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

10 die Regelkonzentration (RK) bei Ausfall der Primärquelle für eine Notbetriebszeit durch eine Sekundärquelle aufrechterhalten wird.
2. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 1,

15 dadurch gekennzeichnet, dass

die Betriebskonzentration (BK) gleich oder in etwa gleich einer für den Schutzbereich festgelegten Auslegungskonzentration (AK) ist.
- 20 3. Inertisierungsverfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

25 die Regelkonzentration (RK) und die Betriebskonzentration (BK) unter Bildung eines Ausfallsicherheitsabstandes (ASA) so weit unter die für den Schutzbe-

reich festgelegte Auslegungskonzentration (AK) gesenkt werden, dass die Anstiegskurve des Sauerstoffgehalts bei Ausfall der Primärquelle eine für den Schutzbereich ermittelte Grenzkonzentration (GK) erst in einer vorgegebenen Zeit erreicht.

5

4. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

10

der Ausfallsicherheitsabstand (ASA) unter Berücksichtigung einer für den Schutzbereich geltenden Luftwechselrate, insbesondere eines n_{50} – Wertes des Schutzbereiches, und /oder der Druckdifferenz zwischen Schutzbereich und Umgebung ermittelt wird.

15

5. Inertisierungsverfahren nach Anspruch 3 oder 4,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

20

die Auslegungskonzentration (AK) um einen Sicherheitsabschlag (S) unter die für den Schutzbereich ermittelte Grenzkonzentration (GK) gesenkt wird.

6. Inertisierungsverfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, mit einem Detektor zum Erkennen einer Brandkenngroße,

25

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

der Sauerstoffgehalt im Schutzbereich beim Detektieren eines Entstehungsbrandes oder eines Brandes rasch auf die Regelkonzentration abgesenkt wird, wenn der Sauerstoffgehalt vorher auf einem höheren Niveau lag.

30

7. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

der Regelbereich etwa $\pm 0,2$ Vol.-% Sauerstoffgehalt um die Regelkonzentration (RK) beträgt.

5 8. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

10 die Regelung des Sauerstoffgehalts im Schutzbereich unter Berücksichtigung der Luftwechselrate, insbesondere des n_{50} – Wertes des Schutzbereiches, und /oder der Druckdifferenz zwischen Schutzbereich und Umgebung erfolgt.

9. Inertisierungsverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

20 die Berechnung der Löschmittelmenge für das Halten der Regelkonzentration (RK) im Schutzbereich unter Berücksichtigung der Luftwechselrate des Zielraumes, insbesondere des n_{50} – Wertes des Zielraums, und /oder der Druckdifferenz zwischen Zielraum und Umgebung erfolgt.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9,

25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

die Primärquelle und/oder die Sekundärquelle eine das Sauerstoff verdrängende Gas erzeugende Maschine, eine Flaschenbatterie, ein Puffervolumen oder eine sauerstoffentziehende oder ähnliche Maschine ist.

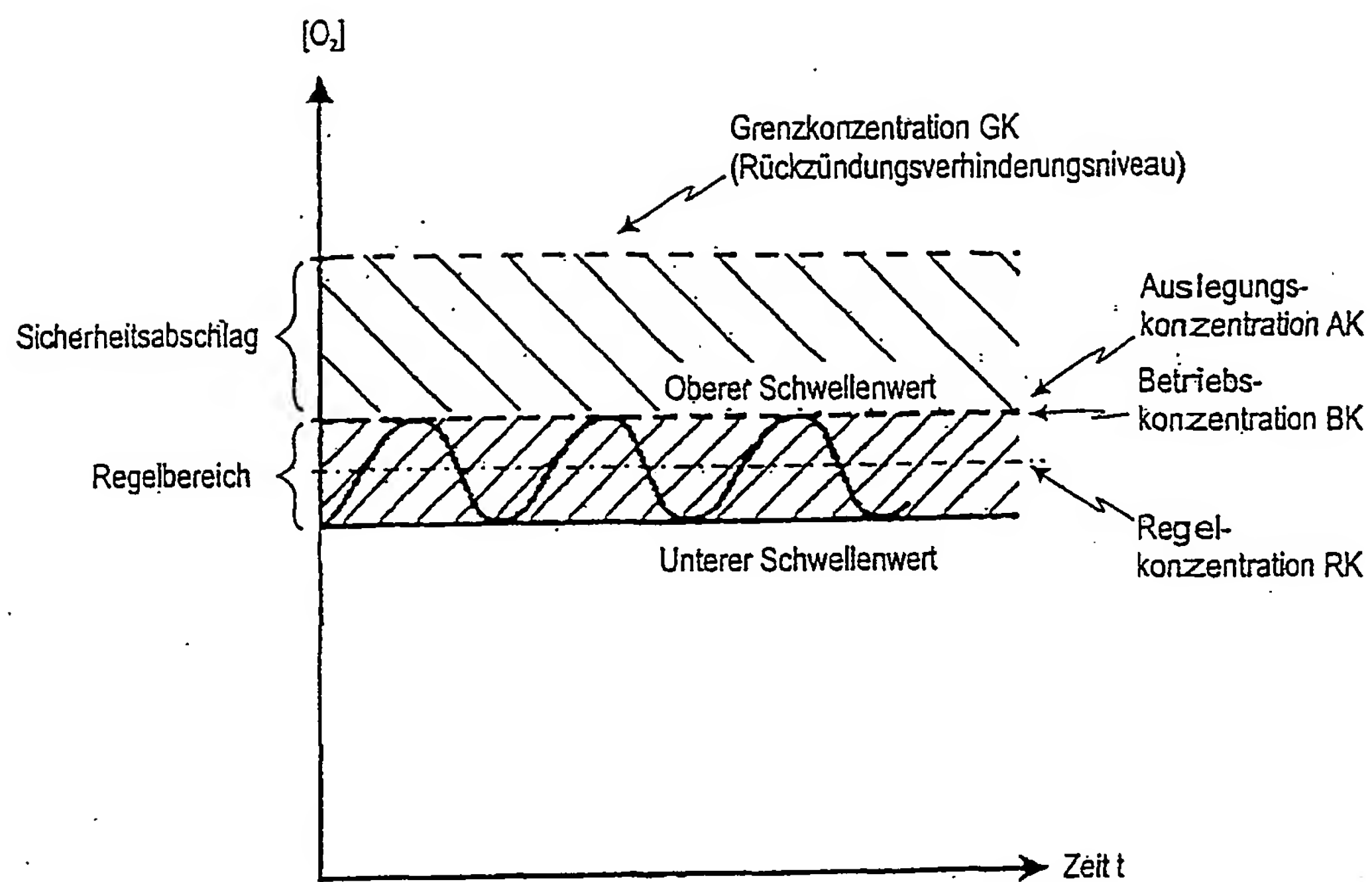


Fig. 1

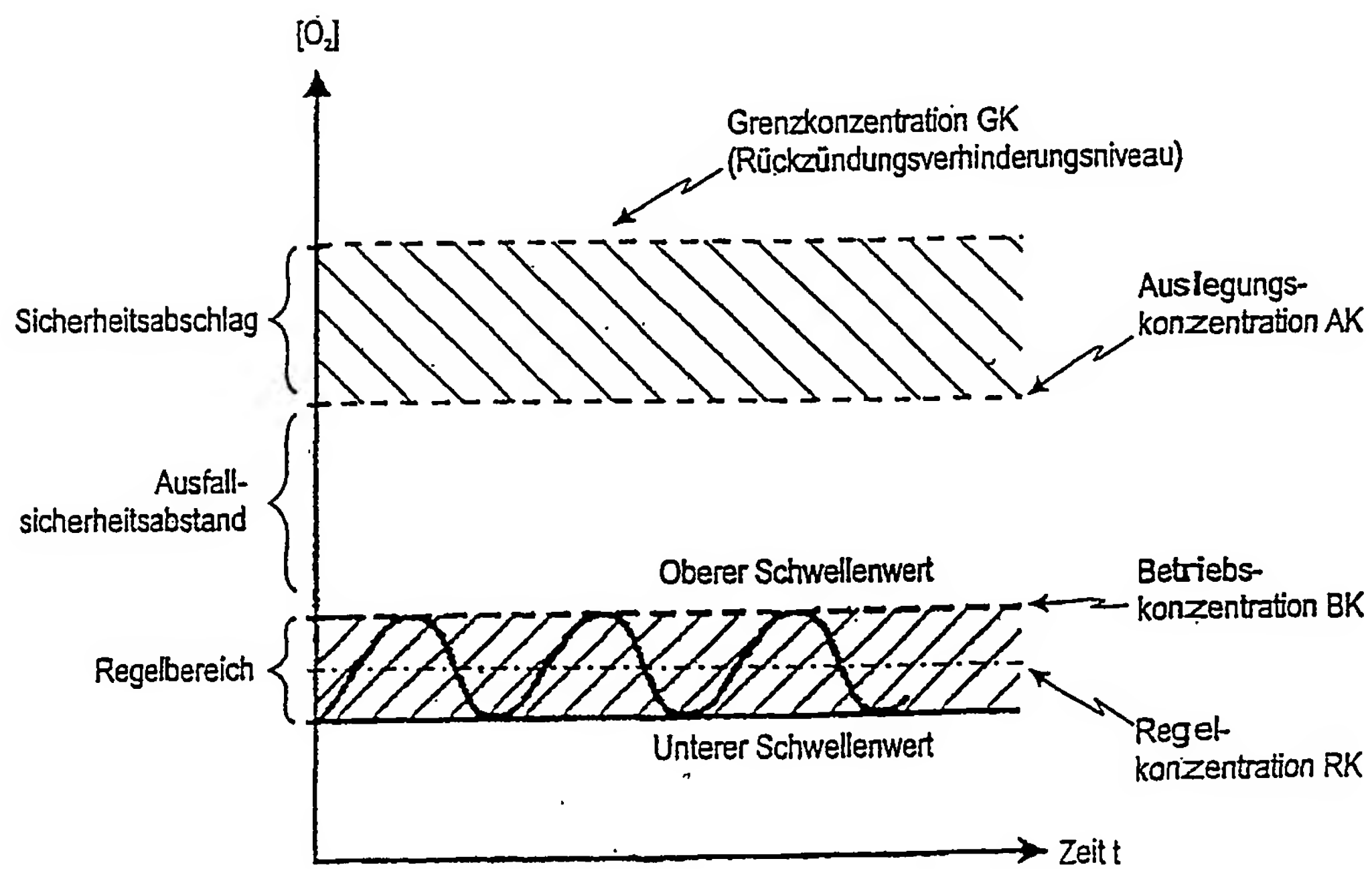


Fig. 2

2 / 2

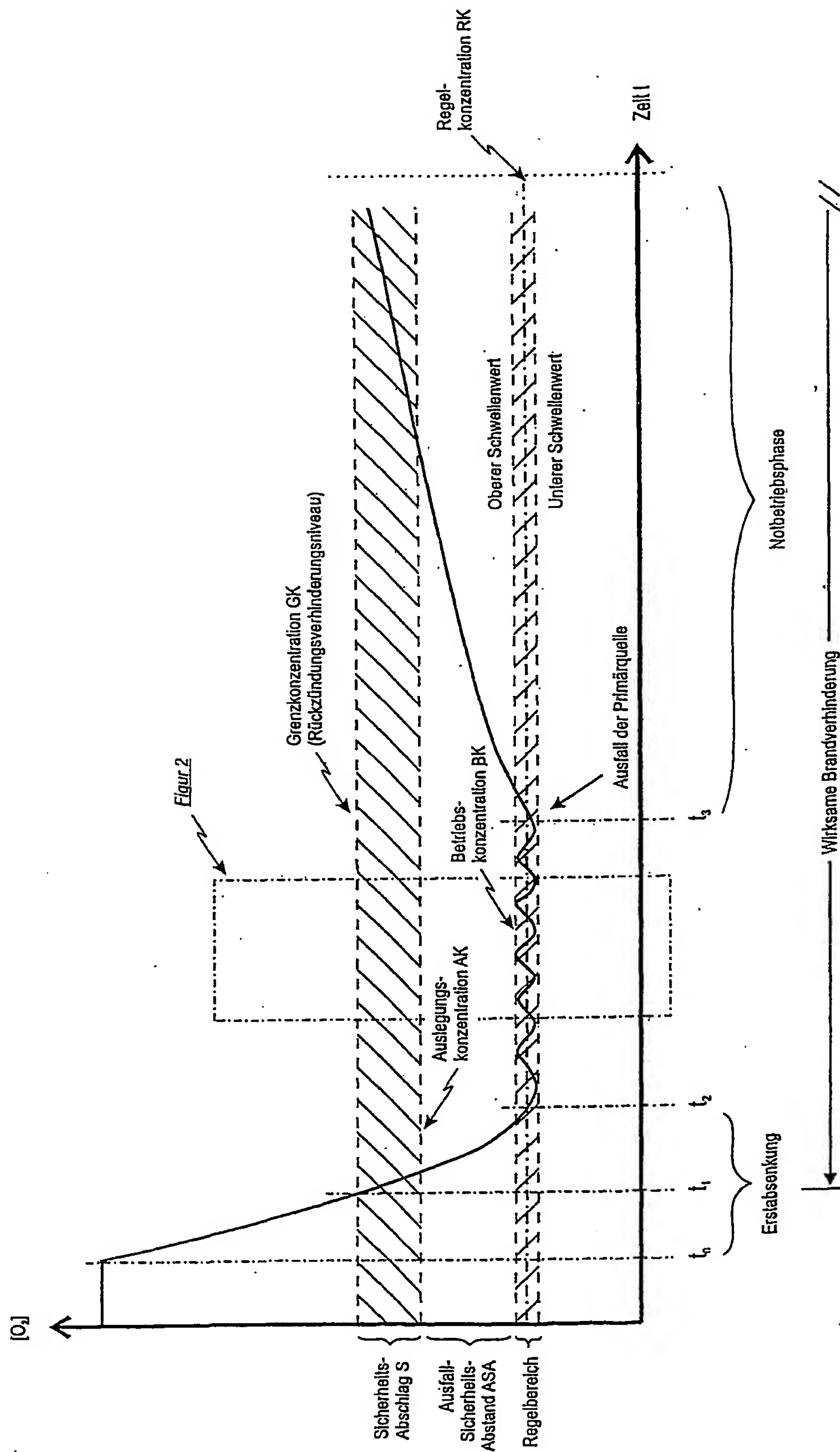


Fig. 3